



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 436 886 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **90124556.3**

(22) Anmeldetag: **18.12.90**

(51) Int. Cl.⁵: **C12N 15/09, C12P 13/06,
C07H 21/04, C12N 1/21,
/(C12P13/06,C12R1:15),
(C12P13/06,C12R1:13)**

Der Anmelder hat eine Erklärung nach Regel 28 (4) EPÜ (Herausgabe einer Probe nur an einen Sachverständigen) eingereicht.
Eingangsnummer(n) der Hinterlegung(en): DSM 5664, DSM 5659, ATCC 14310 unter Nummer DSM 5665.

(30) Priorität: **23.12.89 DE 3942947**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.07.91 Patentblatt 91/29

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE DE GB SE

(71) Anmelder: **Forschungszentrum Jülich GmbH
Postfach 1913, Wilhelm-Johnen-Strasse
W-5170 Jülich(DE)**

(72) Erfinder: **Möckel, Bettina
Brunnenstrasse 41
W-4000 Düsseldorf(DE)
Erfinder: Cordes, Christiana, Dr.
c/o Transgène, 11 Rue de Molzhelm
F-6700 Strassbourg(FR)
Erfinder: Eggeling, Lothar, Dr.
Elsenkamp 6
W-5170 Jülich(DE)
Erfinder: Sahm, Hermann, Prof.
Wendelinusstrasse 71
W-5170 Jülich(DE)**

(54) **Verfahren zur Herstellung von L-Isoleucin und dafür geeignete Mikroorganismen und rekombinante DNA.**

(57) Für die mikrobielle Herstellung von L-Isoleucin sind transformante Mikroorganismen geeignet, die eine rekombinante DNA aus Vektor-DNA und für Threonindehydratase und Acetohydroxysäuresynthase, sowie ggfs. Isomeroreduktase kodierenden DNA-Sequenzen enthalten. Besonders geeignet ist eine rekombinante DNA mit DNA-Sequenzen aus *Corynebacterium glutamicum* ATCC 13 032 oder *Brevibacterium flavum* ATCC 13 826 oder mit DNA-Sequenzen aus Mutanten von *Corynebacterium* oder *Brevibacterium* mit gesteigerter Gen-Expression oder Unempfindlichkeit gegenüber einer Feed back Hemmung, insbesondere für die Threonindehydratase und/oder Acetohydroxysäuresynthase, wie insbesondere aus *Corynebacterium glutamicum* DSM 5659.

EP 0 436 886 A1

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON L-ISOLEUCIN UND DAFÜR GEEIGNETE MIKROORGANISMEN UND REKOMBINANTE DNA

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von L-Isoleucin durch Züchtung eines transformierten Mikroorganismus der Gattung *Corynebakterium* oder *Brevibakterium* in einem geeigneten Nährmedium und Isolierung von L-Isoleucin aus dem Medium, und sie umfaßt dafür geeignete Mikroorganismen und rekombinante DNA.

- 5 Die Aminosäure L-Isoleucin ist für Mensch und Tier essentiell und findet als Komponente verschiedener Nahrungsmische medizinischer Zweckbestimmung breite Verwendung. Ferner wird L-Isoleucin als Zugabe sowie als Reagenz für die pharmazeutische und chemische Industrie benutzt.

- Es ist bekannt, daß sich mit Bakterien L-Isoleucin fermentativ aus Kohlehydraten wie Glukose, Fruktose, Hydrolysaten oder Melassen, sowie aus Vorstufen, wie 2-Hydroxybutyrat, 2-Ketobutyrate, Threonin oder 2-Aminobutyrate herstellen läßt. Dabei finden hauptsächlich Mutanten von Vertretern der Gattung *Corynebacterium*, *Brevibacterium*, oder *Arthrobacter* Verwendung, die gegen Aminosäureanaloga resistent sind. Diese Bakterien wurden durch klassische ungerichtete Mutagenese erhalten. Als Beispiel seien 2-amino-3-hydroxyvaleriansäure resistente Mutanten von *Brevibacterien* genannt (US-PS 4 329 427), sowie gegen 2-Amino-3-methylthiobuttersäure resistente Mutanten von *Escherichia coli* (JA-OS 69881/1978), oder gegen 15 Trichloroalanin resistente Mutanten von *Brevibacterien* (JA-OS 35287/1979). Die Veränderungen der Mutanten können die Regulation von Enzymen betreffen, oder auch zu gesteigerter Enzymaktivität führen.

- Durch die in den letzten Jahren entwickelten Methoden, DNA in vitro zu rekombinieren (r-DNA Technik) und coryneforme Bakterien zu transformieren, ist es möglich geworden Aminosäurebiosynthesegene in diesen Bakterien zu amplifizieren, und so durch erhöhte Enzymaktivität eine gesteigerte Aminosäurebildung zu erreichen. So wird in der EP-OS 0 137 348 ein Verfahren beschrieben, bei dem ein aus *Brevibacterium* isoliertes, für die Homoserinkinase kodierendes Gen (*thrB*) mit Vektor-DNA als rekombinante DNA in *Brevibacterium* wieder eingeführt wird und so die Produktion von L-Threonin und L-Isoleucin mit dem transformierten Organismus gesteigert wird. Gemäß dem US-PS 4 601 983 wird mit einem für Homoserindehydrogenase (*hom*) kodierenden Gen aus *Brevibacterium* mit Vektor DNA rekombinante DNA erzeugt, die 25 in *Brevibacterium* eingeschleust wird, um so zu einer gesteigerten L-Threonin- und L-Isoleucinbildung zu gelangen. Gemäß der PCT-WO 88/09819 wird ein Verfahren beschrieben in dem neben den Genen die für die Homoserindehydrogenase und Homoserinkinase kodieren auch das Gen für die Threoninsynthase (*thrC*) isoliert und der Modifizierung unterworfen wird.

- Die bislang genannten Gene (*hom*, *thrB*, *thrC*) sind sowohl für die L-Threonin-, als auch für die L-Isoleucinbiosynthese relevant, da L-Isoleucin in der Bakterienzelle aus L-Threonin gebildet wird. Es wurde nun gefunden, daß durch Überexpression von für die L-Isoleucinbiosynthese spezifischen Genen eine verbesserte L-Isoleucinproduktion erreicht werden kann. Das demgemäß entwickelte erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß man Mikroorganismen verwendet, die eine rekombinante DNA aus Vektor-DNA und für Threonindehydratase, Acetohydroxysäuresynthase und ggf. Isomeroreduktase 35 kodierenden DNA-Sequenzen aufweist.

- Gemäß der Erfindung werden mithin die für Threonindehydratase (*ilvA*), Acetohydroxysäuresynthase (*ilvBN*) und ggf. Isomeroreduktase (*ilvC*) kodierenden Gene aus *Corynebakterien* oder *Brevibakterien* isoliert, mit geeigneten Vektoren rekombiniert und schließlich *Corynebakterien* oder *Brevibakterien* mit der so erhaltenen rekombinanten DNA transformiert und für die Produktion von L-Isoleucin verwendet, um auf 40 diese Weise zu einer gesteigerten L-Isoleucin Produktion zu gelangen. Die genannten Gene können einzeln oder in Kombination zur Erzeugung transformierter Mikroorganismen verwendet werden.

- In Praxi kann die Isolation der genannten Gene durch jede der bekannten Methoden zur Genklonierung ausgeführt werden (Maniatis, T. et al., "Molecular Cloning", Gold Spring Harbor Laboratory, 1982), wobei die nachfolgend genannte Methode, die Komplementation definierter *Escherichia coli* Mutanten, die bevorzugte ist. Zunächst wird chromosomale DNA aus einem *Corynebacterium* oder *Brevibacterium* isoliert, das 45 die für Threonindehydratase (*ilvA*), Acetohydroxysäuresynthase (*ilvBN*), oder Isomeroreduktase (*ilvC*) kodierende Sequenz enthält. Geeignete Bakterien sind zum Beispiel die Wildtypstämme *Corynebacterium glutamicum* ATCC 13032, oder *Brevibacterium flavum* ATCC 13826. Da die Menge und Aktivität der Acetohydroxysäuresynthase in *Corynebakterien* durch Isoleucin reduziert wird (Eggeling et al., 1987, Appl Microbiol Biotechnol 25: 346-351) sowie ebenfalls die Aktivität der Threonindehydratase durch L-Isoleucin, sind als Donatoren chromosomaler DNA auch Stämme geeignet, in denen die Repression der Genexpression sowie die Inhibition der Enzymaktivität nicht mehr erfolgt, wie dies zum Beispiel in dem hinterlegten Stamm DSM5659 der Fall ist. Zur Spaltung der chromosomalen DNA können verschiedene Restriktionsenzyme eingesetzt werden.

Als Vektor-DNA werden Plasmide, Phagen oder Derivate davon benutzt, die aus Bakterien der Gruppe der Corynebakterien oder Brevibakterien stammen, wie z.B. pZ1, pJC1, pSA77, pBL1. Mit diesen Vektoren ist die Komplementation von Corynebakterien oder Brevibakterien möglich, die in *ilvC*, *ilvBN* oder *ilvA* defekt sind. Um durch Komplementation von *Escherichia coli* Mutanten, die in *ilvC*, *ilvBN*, oder *ilvA* defekt sind, die Gene zu isolieren, wird die gespaltene chromosomale DNA mit *E. coli* Vektoren oder Cosmiden ligiert und in einem geeigneten *E. coli* Stamm zunächst eine Genbank erstellt. Dabei wird z.B. mit dem Restriktionsenzym *Sau3A* gespaltene DNA mit dem *Bam*HI gespaltenen Cosmid p11C79 ligiert, und die resultierenden rekombinanten Fusionsplasmide durch Transduktion (Hohn et al., 1980, *Gene* 11:291) in z.B. den *E. coli* Stamm DH5 eingeführt (Hanahan, 1985, "DNA Cloning", vol.1, IRL Press). Mit den so erhaltenen Fusionsplasmiden wird eine *E. coli* Mutante transformiert, die L-Isoleucin zum Wachstum benötigt, wie z.B. *E. coli* CGSC 5769 (Lawther et al., 1982, *J Bacteriol* 149: 294) die in den Acetohydroxysäuresynthase-Genen defekt ist und folglich ohne L-Isoleucin Supplementation nicht wachsen kann. Solche Transformanten, die nun ohne L-Isoleucin Supplementation wachsen können werden isoliert. Sie besitzen Acetohydroxysäuresynthase-Aktivität und enthalten rekombinante DNA, die im Falle der Komplementation von *E. coli* CGSC 5769 für das gewünschte Acetohydroxysäuresynthasegen (*ilvBN*) aus *Corynebacterium glutamicum* codiert. Um das Gen aus dem Fusionsplasmid zu isolieren werden die Bakterien z.B. mit SDS lysiert und mit Phenol behandelt. Dann wird ein zweifaches Volumen Ethanol zugegeben wodurch die r-DNA präzipitiert.

In gleicher Weise, wie vorstehend detailliert für das Gen der Acetohydroxysäuresynthase (*ilvBN*) beschrieben, kann auch das Gen für die Isomeroreduktase (*ilvC*) oder für die Threonindehydratase (*ilvA*) durch Komplementation der geeigneten *E. coli* Mutanten, wie z.B. Stamm CU406 (*ilvA*) (Gayda et al., 1971, *J. Bacteriol.* 142: 556) oder Stamm JP58 (*ilvC*) (Butlin et al., 1971, *Biochem J* 124:75) isoliert werden. Anschließend wird das Isolierte, für die Isoleucinbiosynthese codierende Gen in einen entsprechenden Vektor integriert, was durch Verdau des Vektors mit den entsprechenden Restriktionsenzymen und Ligation des Vektors mit dem ebenfalls entsprechend restringierten Gen erfolgt.

Die Bildung von Plasmiden, die *ilvA*, *ilvBN* und ggf. *ilvC* enthalten, erfolgt stufenweise durch aufeinanderfolgenden Einbau der einzelnen Gene.

Der Einbau des Plasmids, das *ilvA*, *ilvBN* und ggf. *ilvC* enthält, in Coryne- oder Brevibakterien kann durch Transformation von Protoplasten oder Sphäroplasten nach einem modifizierten Verfahren erfolgen (Santamaria et al. 1985, *J Bacteriol* 162: 463), durch Elektroporation (Wolf et al. 1989, *Appl Microbiol Biot* 30: 283), oder durch Konjugation mittels mobilisierbarer Vektoren (Simon et al. 1986, *Methods in Enzymology* 118: 640). Als Rezipienten der r-DNA, werden bevorzugt mutierte Stämme von *C. glutamicum* verwendet, die bereits L-Isoleucin ins Kulturmedium ausscheiden. Repräsentative Beispiele solcher Rezipienten sind gegen L-Isoleucinanaloga (z.B. Isoleucinhydroxamat, 2-Amino-3-hydroxyvaleriansäure) resistente Stämme von *C. glutamicum* oder *B. flavum*. Transformanten können leicht aufgrund der im Vektor lokalisierten Resistenz, wie z.B. in pJC1 der Kanamycin-Resistenz, selektioniert werden. Die plasmidcodierten Gene führen zu erhöhter Aktivität der Isoleucinbiosyntheseenzyme. Dies wurde für die Acetohydroxysäuresynthase nach dem Verfahren von Umbarger et al. 1950, *J Biol Chem* 233: 1156, für die Isomeroreduktase nach dem Verfahren von Arfin et al. 1969, *J Biol Chem* 244: 1118, und für die Threonindehydratase nach dem Verfahren von Umbarger et al., 1958, *J Biol Chem* 233: 1156 nachgewiesen.

Die Methoden zur Kultivierung der nach dem beschriebenen Verfahren hergestellten Bakterien sind ähnlich den bekannten Methoden wie sie für L-Isoleucin produzierende Bakterien benutzt werden. Die benutzten Kulturmedien können konventionelle Medien sein, die Kohlenstoffquellen, Stickstoffquellen und organische Ionen, und gegebenenfalls organische Bestandteile wie Vitamine oder Aminosäuren enthalten. Beispiele geeigneter Kohlenstoffquellen sind Glukose, Saccharose, Laktose, Stärkehydrolysate oder Molassen. Als Stickstoffquelle können gasförmiges Ammonium, wässriges Ammonium, Ammoniumsalze und andere Stickstoff enthaltenden Materialien benutzt werden.

Die Kultivierung der rekombinanten Bakterien, die die überexprimierten L-Isoleucinbiosynthesegene enthalten erfolgt unter aeroben Bedingungen, wobei pH und Temperatur des Mediums in einem günstigen Bereich gehalten werden, und wird fortgeführt bis die Bildung von L-Isoleucin aufhört.

Die Isolierung und Reinigung der Aminosäure aus dem Medium erfolgt mittels bekannter Methoden.

Es zeigt sich, daß durch das in der vorliegenden Erfindung beschriebene Verfahren mehr L-Isoleucin gebildet werden kann.

55 Beispiel 1

Präparation chromosomaler DNA, die ein Isomeroreduktasegen (*ilvC*) enthält

Zellen des Stammes *Corynebacterium glutamicum* ATCC 13032 wurden 18 Stunden bei 30 °C in 100 ml CgIII Medium kultiviert, welches folgende Zusammensetzung hat: 10 g/l Pepton aus Fleisch, 10 g/l Hefeextrakt und 5 g/l NaCl. Die durch Zentrifugation vom Kulturmedium abgetrennten Zellen wurden zweimal mit TE-Puffer gewaschen und in 10 ml desselben Puffers aufgenommen, der 10 mmol/l Tris-HCl, 1 mmol/l EDTA, pH 7,9 ist. Nach Zugabe von 100 mg Lysozym zu den resuspendierten Zellen wurde 8 Stunden bei 30 °C inkubiert, 2 mg Proteinase K zugefügt, und dann 18 Stunden bei 50 °C inkubiert. Anschließend wurde 1 ml 10% Laurylsarkosinat hinzugegeben, und schließlich zum nun klaren Lysat 20 ml -20 °C kaltes Äthanol zugefügt, wodurch die chromosomale DNA ausfiel, die mit Hilfe eines Glasstabes aus der Lösung herausgedreht wurde. Die DNA wurde mit 70%igem Äthanol gewaschen, und nach dem Trocknen in TE-Puffer aufgenommen. 0,1 µg dieser DNA wurden mit 0,1 U des Restriktionsenzym *Sau3A* (Hersteller Boehringer, Mannheim) in 10 mmol/l Tris-HCl, 75 mmol/l NaCl, 10 mmol/l MgCl₂, pH 7,2 bei 37 °C 1 Stunde inkubiert. Nach dieser Inkubationszeit wurde die Reaktion durch Zugabe von 20 mmol/l EGTA und 10-minütiges Erhitzen auf 65 °C gestoppt.

Der Vektor pBR322 wurde aus dem *E. coli* Stamm DH5 wie in Maniatis et al. (1982) Molecular Cloning, Cold Spring Harbour Laboratory beschrieben, isoliert. 0,1 µg des Vektors wurde mit 1 U des Restriktionsenzym *Bam*H1 in 10 mmol/l Tris-HCl, 100 mmol/l NaCl, 5 mmol/l MgCl₂, 1 mmol/l 2-Mercaptoethanol, pH 8, 37 °C 40 Minuten inkubiert. Dann wurden 5 U alkalische Phosphatase zugegeben und weitere 20 Minuten inkubiert. Die Reaktion wurde durch EGTA und Erhitzen gestoppt, wie zuvor für den Verdau der chromosomalen DNA beschrieben. Beide Verdau wurden mit 500 µl einer mit 0,1 mol/l Tris-HCl, pH 8 gesättigten Phenollösung extrahiert und anschließend die wässrige Phase von der Phenol-haltigen Phase durch Zentrifugation getrennt. Der wässrige Überstand wurde anschließend mit 500 µl Chloroform/Isoamylalkohol (24:1, v/v) extrahiert. Der resultierende wässrige Überstand wurde mit 0,25 Volumenteilen 2 mol/l Lithiumchlorid und 2,5 Volumenteilen Äthanol versetzt und die dadurch präzipitierte DNA in 10 µl 10 mmol/l Tris-HCl, 1 mmol/l EDTA pH 7,6 aufgenommen. Zur Ligation wurde 1 µl der chromosomalen DNA mit 1 µl des pBR322 Präzipitats zusammengegeben und 8 µl 2 mmol/l Tris-HCl, 10 mmol/l MgCl₂, 10 mmol/l Dithiothreitol, 0,6 mmol/l Adenosintriphosphat, pH 7,6 sowie 1 U T4 Ligase hinzugefügt. Die Mischung wurde 16 Stunden bei 12 °C inkubiert.

Mit diesem Ligase Reaktionsansatz wurde *E. coli* DH5 wie bei Hanahan beschrieben transformiert (Hanahan, D. 1985, Techniques for transformation. In: DNA cloning ed Glover, IRL Press), und auf Ampicillin-haltigem Medium ausplattiert. Von etwa 6000 erhaltenen Transformanten wurde Plasmid DNA isoliert, und damit der Isoleucin benötigende im Isomeroreduktasegen (*ilvC*) defekte *E. coli* Stamm JP58, erneut wie bei D. Hanahan beschrieben, transformiert. Der Transformationsansatz wurde auf LB Medium plus 50 µg/ml Ampicillin ausplattiert und bei 37 °C bebrütet. Die hochgewachsenen Transformanten wurden durch replica plating auf ein Minimalmedium übertragen, das nur Wachstum von Kolonien erlaubt, die Isomeroreduktaseaktivität infolge des aus *C. glutamicum* in pBR322 ligierten chromosomalen DNA Fragments enthalten. Dieses Medium enthält 3 g K₂HPO₄, 6 g KH₂PO₄ und 6,8 g Yeast Nitrogen Base w/o Amino Acids (Hersteller Difco). Einige nicht mehr Isoleucin bedürftige Transformanten wurden erhalten. Deren Plasmid DNA wurde isoliert, mit verschiedenen Restriktionsenzymen verdaut und anschließend einer Agarosegel-Elektrophorese unterzogen. Die Restriktionskarte des Plasmids ist in Abbildung 1 dargestellt. Aus diesem Plasmid wurde nach bekannten Verfahren das für die Isomeroreduktase kodierende DNA-Fragment durch *Eco*R1/*Xma*3 Verdau isoliert, in den Pendelvektor pJC1 ligiert und mit 1 µg davon Protoplasten von *C. glutamicum* ATCC 13032 transformiert, wie in der DE-Patentanmeldung P 37 37 729.9 beschrieben. Die Isomeroreduktaseaktivität in dem so erhaltenen rekombinanten Stämmen wurde entsprechend dem Verfahren von Arfin et al., 1969, J Biol Chem 244: 1118-1127 bestimmt. Sie betrug 0,7 U/mg Protein, wogegen sie im Ausgangsstamm 0,2 U/mg Protein beträgt.

Beispiel 2:

Präparation chromosomaler DNA die für Acetohydroxysäuresynthaseaktivität codiert (*ilvBN*) und Isomeroreduktaseaktivität codiert (*ilvC*).

Chromosomale DNA aus *C. glutamicum* ATCC 13032 wurde wie in Beispiel 1 beschrieben isoliert. Diese DNA wurde partiell verdaut, indem 0,1 µg DNA mit 0,02 U des Restriktionsenzym *Pst*I in 10 mmol/l Tris-HCl, 100 mmol/l NaCl, 10 mmol/l MgCl₂, 100 µg/ml Rinderserumalbumin, pH 7,5 bei 37 °C für 20 Minuten inkubiert wurde.

Als Vektor wurde das Cosmid pHC79 benutzt, das aus dem *E. coli* Stamm DH5 wie in Maniatis et al. (1982) Molecular Cloning, Cold Spring Harbour Laboratory beschrieben, isoliert wurde. 0,1 µg dieses Vektors wurden mit 1 U des Restriktionsenzym *Pst*I in dem gleichen Puffer wie für den Verdau der

chromosomalen DNA angegeben linearisiert, indem der Ansatz 40 Minuten bei 37° C inkubiert wurde. Dann wurden 5 U alkalische Phosphatase zugegeben und weitere 20 Minuten inkubiert. Beide Verdauungen wurden wie in Beispiel 1 angegeben mit Phenol/Chloroform extrahiert und in 10 µl 10 mmol/l Tris-HCl, 1 mmol/l EDTA pH7,6 aufgenommen. Zur Ligation wurde 1 µl der chromosomalen DNA und 1 µl des Cosmids zusammengegeben und wie in Beispiel 1 beschrieben ligiert.

Die resultierende DNA wurde in vitro in infektionsfähige Phagenköpfe verpackt, wozu der "DNA packaging Kit" des Unternehmens Boehringer Mannheim benutzt wurde, der die benötigten Phagenlysat enthält. Mit dem resultierenden Phagenlysat wurde der E. coli Stamm ED8654 infiziert. Dazu wurde der Stamm über Nacht in TB Medium (10 g/l Trypton, 8 g/l NaCl, 0,2% (w/v) Maltose, 5 mg/l Vitamin B₁) in 100 ml angezogen. Die abzentrifugierten Zellen wurden in 40 ml 10 mmol/l MgSO₄ resuspendiert und 45 Minuten bei 42° C belüftet. Diese Zellen wurden mit 5 µl Lysat infiziert, und auf Tetracyclin enthaltendem LB Medium ausplattiert (10 g/l Trypton, 5 g/l Hefeextrakt, 10 g/l NaCl, 20 µg/ml Tetracyclin).

Aus der so hergestellten Genbank chromosomaler DNA von C. glutamicum in E. coli ED8654 wurde Plasmid DNA isoliert. Mit dieser wurde wie bei D. Hanahan beschrieben der Isoleucin benötigende in den Acetohydroxysäuresynthasegenen defekte E. coli Stamm CGSC5769 transformiert. Der Transformationsansatz wurde auf LB Medium plus 20 µg/ml Tetracyclin ausplattiert und bei 37° C bebrütet. Die hochgewachsenen Transformanten wurden durch replica plating auf das Minimalmedium wie in Beispiel 1 angegeben übertragen, das nur Wachstum von Kolonien erlaubt, die Acetohydroxysäuresynthaseaktivität infolge des aus C. glutamicum in pHCT99 ligierten chromosomalen DNA Fragmentes enthalten. Einige nicht mehr Isoleucin bedürftige Transformanten wurden erhalten. Deren Plasmid DNA wurde isoliert, mit verschiedenen Restriktionsenzymen verdaut und anschließend einer Agarosegel-Elektrophorese unterzogen. Die Restriktionskarte des DNA-Fragments ist in Abbildung 2 dargestellt. Mit diesem DNA-Fragment in den Pendelvektor pJC1 ligiert wurde C. glutamicum ATCC13032 wie in Beispiel 1 beschrieben transformiert, und die Acetohydroxysäuresynthaseaktivität entsprechend dem Verfahren von Umbarger und Brown (1958, J Biol Chem 233: 1156-1160) bestimmt. Sie betrug etwa 0,35 U/mg Protein, wogegen sie im Ausgangsstamm 0,02 U/mg Protein beträgt. Der das Plasmid pCC2-42 enthaltende Corynebacterium glutamicum Stamm ist bei der Deutschen Stammsammlung für Mikroorganismen unter der Nummer DSM5664 hinterlegt.

Beispiel 3

Präparation chromosomaler DNA die für Threonindehydrataseaktivität codiert (ilvA).

Die DNA wurde aus Zellen des Stammes C. glutamicum S9L2 wie in Beispiel 1 beschrieben isoliert. Dieser Stamm zeichnet sich dadurch aus, daß dessen Threonindehydrataseaktivität nicht mehr durch L-Isoleucin gehemmt wird, wie es im Ausgangsstamm ATCC13032 der Fall ist. Er ist bei der Deutschen Stammsammlung für Mikroorganismen unter der Nummer DSM5659 hinterlegt. Die chromosomale DNA (0,1 µg) wurde mit 1 U des Restriktionsenzyms Hind3 für 1 Stunde bei 37° C in 10 mmol/l Tris-HCl, 50 mmol/l NaCl, 10 mmol/l MgCl₂, 14 mmol/l Dithiothreitol, pH7,6 verdaut. Sie wurde wie in Beispiel 1 beschrieben durch Phenol/Chloroform Extraktion aufgereinigt, und anschließend mit dem ebenfalls mit dem Restriktionsenzym Hind3 verdauten und aufgereinigten Vektor pUC18 (Vieira et al., 1982 Gene 19: 259) unter Bedingungen wie in Beispiel 1 beschrieben ligiert. Mit dem Ligationsansatz wurde der E. coli Stamm CU406 transformiert, und auf LB Medium plus 50 µl Ampicillin ausplattiert. Die weitere Verfahrensweise ist in Beispiel 1 beschrieben. Es wurde chromosomale DNA mit den in Abbildung 3 dargestellten Restriktionsschnittstellen erhalten. Das chromosomale DNA Fragment wurde isoliert, mit dem in der DE-Patentanmeldung P 37 37 729.9 beschriebenen shuttle-Vektor pZ1 ligiert, und damit C. glutamicum ATCC 14310 transformiert. Die Threonindehydrataseaktivität dieses rekombinanten Stammes betrug 0,8 U/mg Protein, wogegen der Ausgangsstamm eine Aktivität von 0,01 U/mg Protein enthält. Der das Plasmid mit der Wildtyp DNA-Sequenz enthaltende Stamm Corynebacterium glutamicum ATCC 14310 wurde unter der Nummer DSM 5665 hinterlegt.

Beispiel 4

Steigerung der L-Isoleucinbildung durch erhöhte Threonindehydrataseaktivität.

In einem 500 ml Erlenmeyerkolben mit 2 Schikanen wurden 60 ml einer Nährlösung mit folgender Zusammensetzung gegeben:
40 g/l Glukose x H₂O
20 g/l Ammoniumsulfat

0,5 g/l Kaliumdihydrogensulfat

0,5 g/l Dikaliumhydrogensulfat

0,25 g/l Magnesiumsulfat

10 mg/l $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{ H}_2\text{O}$

5 10 mg/l $\text{MnSO}_4 \times 4 \text{ H}_2\text{O}$

1 mg/l $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{ H}_2\text{O}$

0,2 mg/l CuSO_4

20 g/l CaCO_3

10 Glukose wurde getrennt sterilisiert, CaCO_3 trocken sterilisiert (8 Stunden bei 150°C) und beides der Nährlösung steril zugesetzt.

Die Fermentation wurde mit einer 16 Stunden alten Vorkultur von *C. glutamicum* DSM5665 angeimpft, bzw. mit *C. glutamicum* ATCC 14310, sodaß die Anfangszellichte einer Optischen Dichte bei 600 nm von 0,5 bis 0,8 entsprach. Die Hauptkultur wurde bei 30°C und 140 rpm inkubiert.

15 Nach 72 Stunden wurden folgende Werte bestimmt:

	Stamm	mmol/l L-Isoleucin
20	ATCC 14310	4
	DSM 5665	13

25 Beispiel 5

30 Steigerung der L-Isoleucinbildung durch erhöhte Acetohydroxysäuresynthase- und Isomeroreduktaseaktivität.

Es wurde wie in Beispiel 4 verfahren, jedoch enthielt das Medium noch zusätzlich 150 mmol/l D,L-2-Hydroxybutyrat und die Fermentation wurde mit dem Stamm DSM 5664 ausgeführt.

35 Nach 72 Stunden wurden folgende Werte bestimmt:

	Stamm	L-Isoleucin (mmol/l)
45	ATCC 13032	16
	DSM 5664	36

50 Brauchbare Plasmide oder Phagen wie insbesondere pZ1, pJC1, pSA77 oder BL1 sind in Mol.Gen. Genet. 220 (1989) 478-400, Appl. Environ. Microbiol. 55 (1989) 604-688, Bio/Technology 5 (1987) 137-146, J. Gen. Virol. 71 (1990) 1629-1633, J. Gen. Microbiol. 136 (1990) 567-571 bzw. Appl. Environ. Microbiol. 54 (1988) 1466-1474 beschrieben.

55 In den beigefügten Zeichnungen zeigen :

Figur 1 Restriktionskarte von pCC1 (Isomeroreduktasegen, *ilvC*, aus *Corynebacterium glutamicum* im Vektor pBR322).

Figur 2 Restriktionskarte des 7,5 kb-HindIII-Fragments chromosomaler DNA aus *Corynebacterium*

glutamicum, das für die Acetohydroxysäuresynthase, ilvBN, kodiert.

Figur 3 Restriktionskarte von pCC4-8, dem Plasmid, das das klonierte Threonindehydratasegen aus Corynebacterium glutamicum enthält.

5 Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von L-Isoleucin durch Züchtung eines transformanten Mikroorganismus der Gattung Corynebacterium oder Brevibacterium in einem geeigneten Nährmedium und Isolierung von L-Isoleucin aus dem Medium,
10 **dadurch gekennzeichnet,**
daß man Mikroorganismen verwendet, die eine rekombinante DNA aus Vektor-DNA und für Threonindehydratase und Acetohydroxysäuresynthase kodierenden DNA-Sequenzen aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
15 **dadurch gekennzeichnet,**
daß die rekombinante DNA zusätzlich eine für Isomeroreduktase kodierende DNA-Sequenz aufweist.
3. In Corynebacterium oder Brevibacterium replizierbare rekombinante DNA aus Vektor-DNA und für Threonindehydratase, Acetohydroxysäuresynthase und ggf. Isomeroreduktase kodierenden DNA-Se-
20 quenzen.
4. Rekombinante DNA nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die DNA-Sequenzen aus Corynebacterium glutamicum ATCC 13 032 (entsprechend DSM 20 300)
25 oder Brevibacterium flavum ATCC 13 826 stammen.
5. Rekombinante DNA nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die DNA-Sequenzen aus Mutanten von Corynebacterium oder Brevibacterium mit gesteigerter Gen-
30 Expression oder Unempfindlichkeit gegenüber einer Feed back Hemmung, insbesondere für die Threonindehydratase und/oder Acetohydroxysäuresynthase isoliert sind, insbesondere aus Corynebacterium glutamicum mit der Hinderlegungs-Nr. DSM 5659.
6. Rekombinante DNA nach einer der Ansprüche 3 bis 5,
35 **gekennzeichnet durch**
aus Bakterien der Gattung Corynebacterium oder Brevibacterium stammende Plasmide oder Phagen, insbesondere pZ1, pJC1, pSA77 oder BL1.
7. Mit rekombinanter DNA nach einem der Ansprüche 3 bis 6 transformierte L-Isoleucin produzierende
40 Mikroorganismen der Gattung Corynebacterium oder Brevibacterium.

45

50

55

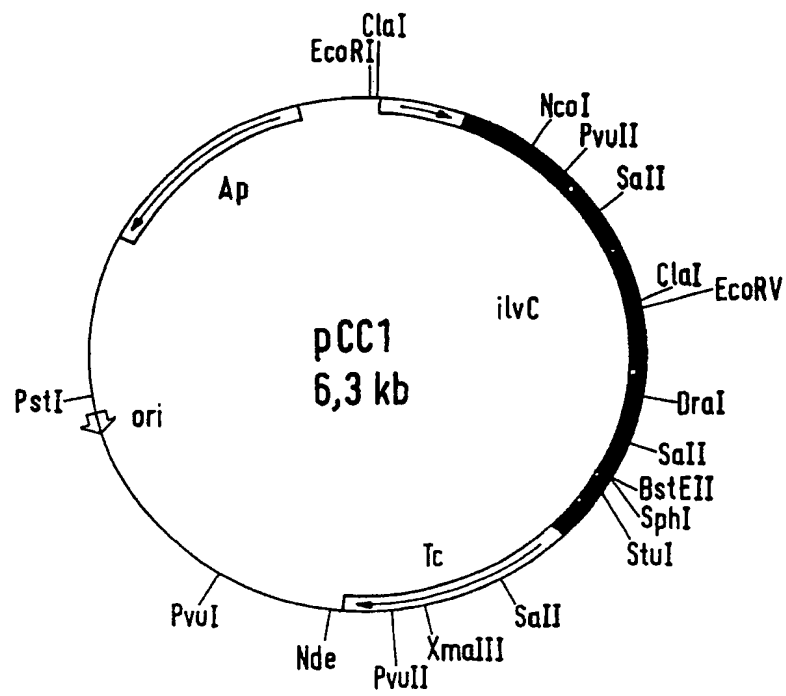


FIG. 1

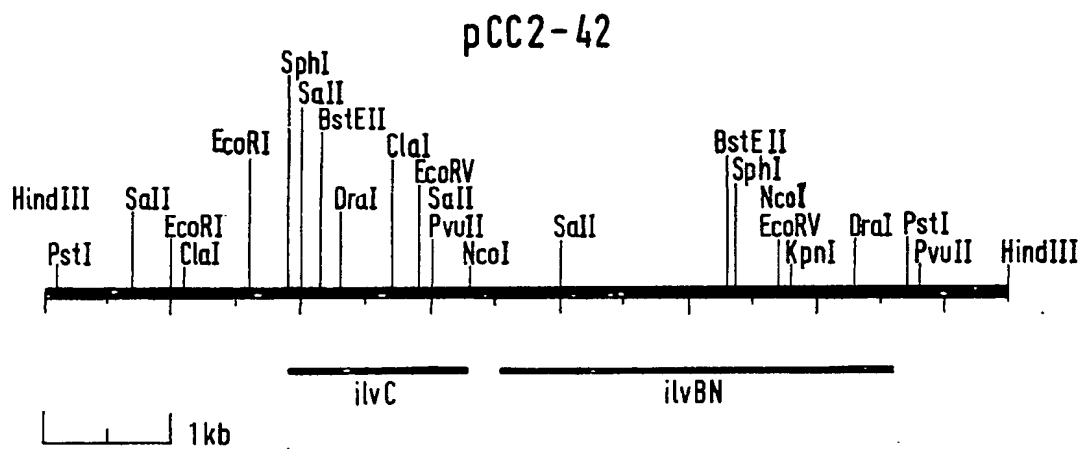


FIG. 2

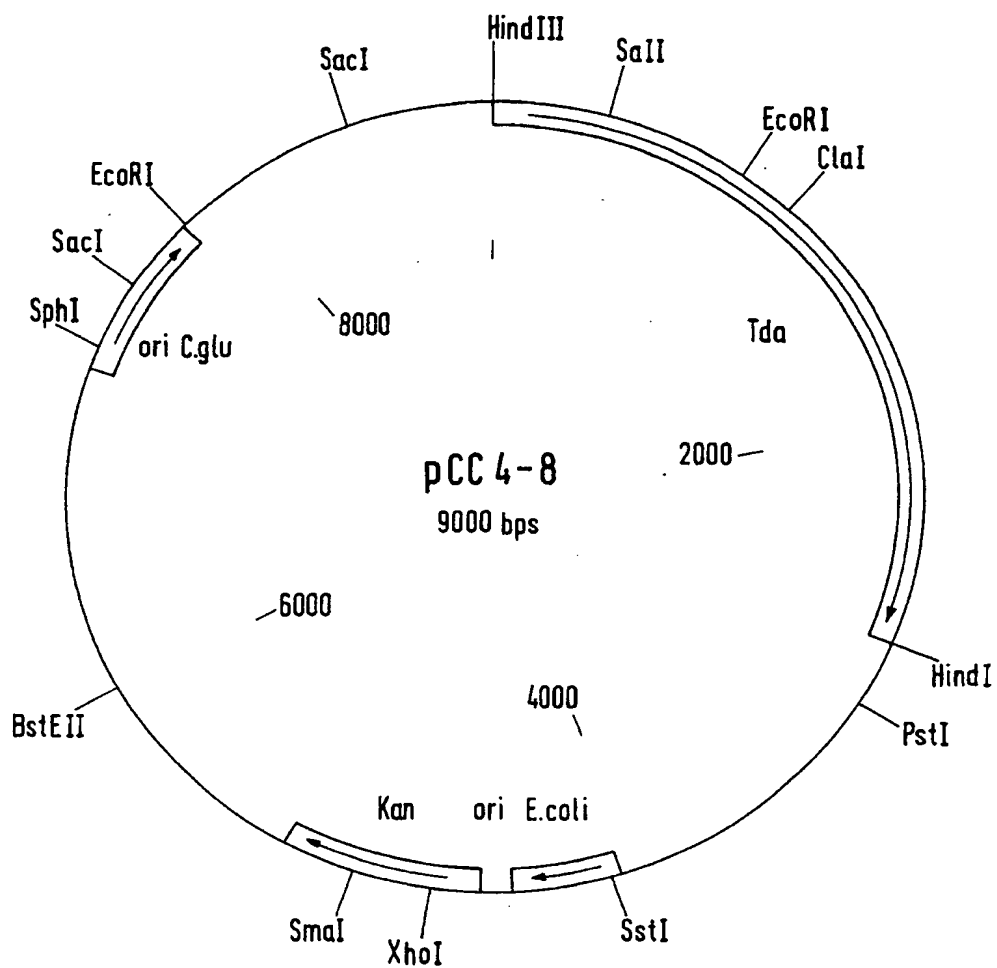


FIG. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			EP 90124556.3
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
A	<u>EP - A2 - 0 233 581</u> (KYOWA HAKKO KOGYO CO., LTD.) * Patentansprüche *	1	C 12 N 15/09 C 12 P 13/06 C 07 H 21/04 C 12 N 1/21
A	<u>EP - A2 - 0 219 027</u> (KYOWA HAKKO KOGYO CO., LTD.) * Patentansprüche *	1	// (C 12 P 13/06 C 12 R 1:15) (C 12 P 13/06 C 12 R 1:13)
A	<u>EP - A2 - 0 204 326</u> (KYOWA HAKKO KOGYO CO., LTD.) * Patentansprüche *	1	
D, A	<u>EP - A2 - 0 137 348</u> (AJINOMOTO CO., INC.) * Patentansprüche *	1	
D, A	<u>EP - A1 - 0 131 171</u> (AJINOMOTO CO., INC.) * Patentansprüche * & US-A-4 601 983 -----	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 4)
			C 12 N C 12 P C 07 H
Recherchenort WIEN		Abschlußdatum der Recherche 15-02-1991	Prüfer WOLF
<div><div><p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</p><p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</p><p>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</p><p>A : technologischer Hintergrund</p><p>O : mchtschriftliche Offenbarung</p><p>P : Zwischenliteratur</p><p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</p></div><div><p>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p><p>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</p><p>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</p><p>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p></div></div>			